

# Время реакции системы при обработке запросов



Михаил БЕРЕЗКА  
Mikhail P. BEREZKA

Алина СУНГАТУЛЛИНА  
Alina T. SUNGATULLINA



*Берёзка Михаил Павлович* – кандидат технических наук, доцент кафедры «Автоматизированные системы управления» Московского государственного университета путей сообщения (МИИТ), Москва, Россия.

*Сунгатуллина Алина Тальгатовна* – аспирант МИИТ, инженер-программист отделения «Пассажирские перевозки и АСУ «Экспресс» ОАО «ВНИИЖТ», Москва, Россия.

**Определены особенности АРМ «Мониторинг работы веб-приложений». Построен график зависимости времени реакции системы на запросы пользователей от коэффициента параллельности, составлен соответствующий статистический ряд. Показаны гистограмма плотности распределения и эмпирическая функция распределения исследуемой величины. Критерием Пирсона проведена проверка на соответствие эмпирического закона распределения времени реакции системы на запросы экспоненциальному и логнормальному законам.**

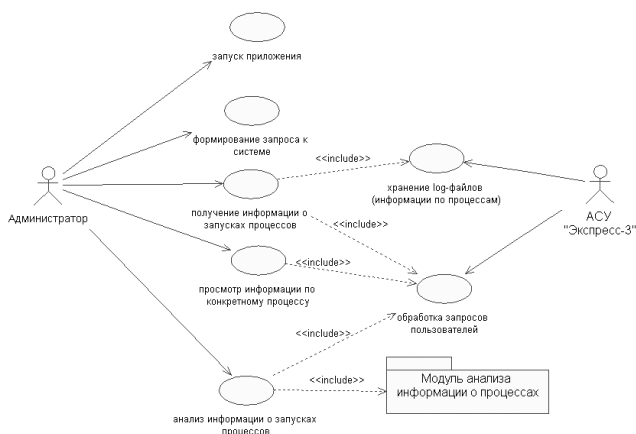
Ключевые слова: железная дорога, управление, АСУ «Экспресс-3», запросы пользователей, мониторинг, коэффициент параллельности, статистический ряд, время реакции, эмпирическая функция распределения.

**С**етевая аналитическая база данных (АБД) автоматизированной системы управления (АСУ) «Экспресс-3» обеспечивает сбор, хранение, обработку, анализ информации обо всех пассажирских перевозках и багаже, в которых участвуют структуры «РЖД».

В настоящий момент наблюдается существенное увеличение количества автоматизированных задач управления, а также числа пользователей АСУ. За счёт этого создаётся высокая нагрузка на серверы «Экспресс-3». Естественно, исключается возможность непосредственного доступа пользователей к АБД. Причины связаны с высокой загрузкой системы, требованиями по безопасности и достоверности данных, постоянным изменением содержимого объектов, внедрением новых технологий.

## СРЕДСТВА И ТЕХНОЛОГИИ

Доступ к информации АБД реализован с помощью автоматизированных рабочих мест (АРМ) по веб-технологии со всех железных дорог через сеть передачи данных (СПД) [3,4]. АРМ обеспечивает пользователям ввод и получение информации на экран монитора или другие устройства.



**Рис. 1. Диаграмма вариантов использования для «АРМ мониторинга работы Веб-приложений».**

На сей день выделен ряд недостатков существующего способа обработки запросов пользователей, обращающихся к одному веб-ресурсу в среде АСУ «Экспресс-3» [10]:

- Процесс получения результирующей информации требует больших временных затрат. При обращении АБД посредством некоторых АРМ с определёнными запросами пользователи вынуждены ожидать получения ответа. Время реакции системы на запросы значительно превышает технические нормы (не более 1 минуты) [1]. Если время обработки больше 30 минут, следует аварийное прекращение обработки находящегося под прицелом запроса и всех прочих текущих запросов. После этого веб-сервер АСУ «Экспресс-3» перезагружается в течение 1 минуты, тем самым восстанавливая свою работоспособность [2].

- Неэффективен способ обработки запросов, отправленных одновременно к одному АРМ. При анализе временных затрат и вычислительных ресурсов используется замкнутая многоканальная модель массового обслуживания. Для каждого запроса в веб-сервере АСУ «Экспресс-3» выделяется отдельный канал обслуживания, что предотвращает образование очереди. При этом на выполнение поступают все запросы. Такой способ обработки позволяет запросам, время обработки которых выше нормы, занимать значительную часть вычислительных ресурсов, тем самым препятствуя обработке других запросов.

- Отсутствует оптимизатор, контролирующий доступ к ресурсам АСУ «Экспресс-3». В существующей системе нет возможности сохранять входные параметры при обращении к АРМ. Поэтому возникают некоторые трудности в анализе

причин аварийных перезагрузок веб-сервера и увеличения времени реакции системы на запросы.

Из сказанного ясно, насколько устранение перечисленных недостатков актуально для пассажирских перевозок и АСУ «Экспресс-3». В связи с этим одной из основных задач является разработка средств мониторинга работы веб-ресурсов (АРМ «Мониторинга»). Для моделирования функциональных возможностей использовались:

- технология Rational Unified Process (RUP)
- нотация Unified Modeling Language (UML)
- средство Rational Rose Enterprise Edition

Правильный набор средств и технологий помогает реализовывать объектно-ориентированный подход к проектированию информационных систем и контролировать любые происходящие изменения [7, 8, 9].

Возможности «АРМ мониторинга работы веб-приложений» представлены на диаграмме вариантов использования на рис. 1.

Модуль анализа информации о процессах содержит в себе варианты использования, представленные на рис. 2.

### ЗАВИСИМОСТИ ВРЕМЕНИ РЕАКЦИИ ОТ КОЭФФИЦИЕНТА ПАРАЛЛЕЛЬНОСТИ

Для определения влияния друг на друга запросов пользователей к соответствующему веб-приложению есть необходимость в вводе коэффициента параллельности. С его помощью вычисляют взаимозависи-



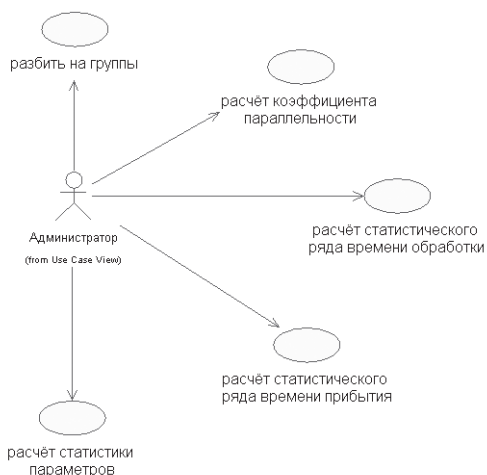


Рис. 2. Диаграмма вариантов использования для модуля анализа информации о процессах.

мости одновременно обрабатываемых запросов, которые обращают к одному ресурсу. Для расчёта коэффициента параллельности нами используется формула

$$K_j = \frac{\sum_{i=j}^{t_j} A_i}{t_j} \quad (1)$$

где  $j$  – номер исследуемого процесса, обращающийся к веб-приложению;

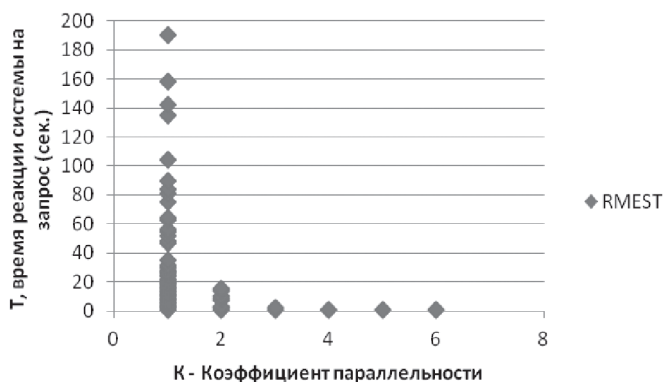
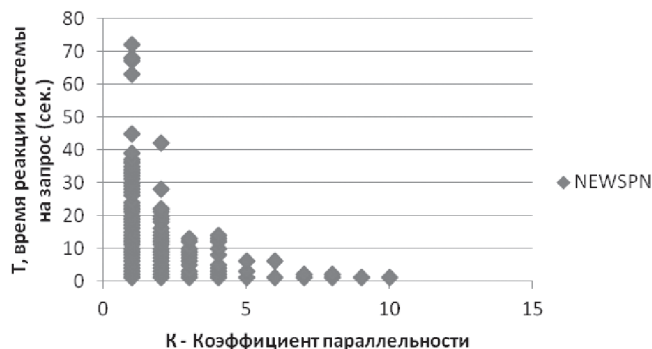
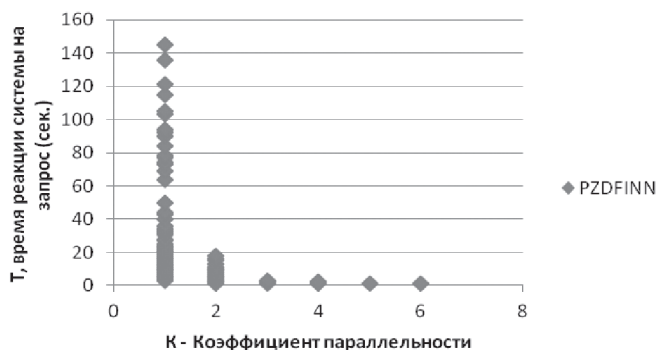
$i$  – номер временного промежутка (принимает значения от 1 до 86400 с);

$t_j$  – длительность обработки  $j$ -го запроса;

$A_i$  – количество одновременно обрабатываемых запросов с  $j$ -м запросом к одному веб-приложению;

$K_j$  – коэффициент параллельности для  $j$ -го процесса.

Рис. 3. Точечные графики зависимости времени реакции системы от коэффициента параллельности для веб-ресурсов PZDFINN, NEWSPN, RMEST за 11.02.2013 года.



При использовании модуля «Расчёт коэффициента параллельности» для каждого исследуемого приложения строится точечный график зависимости времени реакции системы на запросы от коэффициента параллельности при одновременной обработке запросов пользователей и одновременном обращении их к одному веб-приложению в среде АБД АСУ «Экспресс-3».

Для исследования этой зависимости в АРМ «Мониторинг работы веб-приложений» привлекались веб-ресурсы: АРМ «Корреспонденции и финансовые результаты» (PZDFINN), АРМ «Результаты работы поездов по дорогам» (NEWSPN), АРМ «Корреспонденция» (RMEST). Рассматривались только завершённые процессы (статус STOP), т. к. по незавершённым запросам (статус START) нет возможности фиксировать время их обработки. Проведённые ранее исследования показали, что сезон и день рабочей недели не влияют на интенсивность поступления запросов пользователей и время их обработки. С учетом этого были взяты данные за 1 сутки (00:00:00–23:59:59) 11.02.2013 года. Результаты представлены на рис. 3.

По полученным графикам видно, что во всех исследуемых веб-приложениях значения с максимальными временами обработки запроса имеют коэффициент параллельности, равный 1. Из этого можно сделать вывод, что зависимость от сложности самих запросов к АБД сильнее, чем зависимость от количества пользователей. Поэтому возникают потребности в исследовании сложности самих запросов и разработке механизмов выявления и сортировки запросов АСУ «Экспресс-3».

**СРЕДНЕЕ ВРЕМЯ РЕАКЦИИ СИСТЕМЫ**

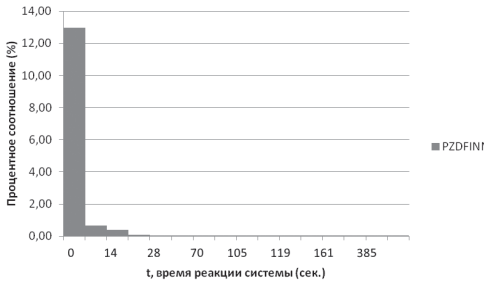
Для дальнейшего имитационного моделирования процесса обработки запросов пользователей, обращающихся одновременно к веб-приложению в среде АСУ «Экспресс-3», необходимо определить закон распределения случайной величины  $X$ , которая в нашем случае представляет собой время реакции системы на запрос.

С этой целью используется модуль «Получение информации о запусках процессов» в АРМ «Мониторинга работы веб-

Интервал времени	Количество	Суммарное количество	Прогн. соотношение	Суммарное прогн. соотношение
0<=t<=7	1295	1295	90.69	90.69
7<=t<=14	68	1363	4.76	95.45
14<=t<=21	40	1403	2.80	98.25
21<=t<=28	7	1410	0.49	98.74
28<=t<=35	4	1414	0.28	99.02
35<=t<=70	1	1415	0.07	99.09
70<=t<=91	3	1418	0.21	99.30
91<=t<=105	1	1419	0.07	99.37
105<=t<=112	1	1420	0.07	99.44
112<=t<=119	2	1422	0.14	99.58
119<=t<=140	1	1423	0.07	99.65
140<=t<=161	1	1424	0.07	99.72
161<=t<=287	1	1425	0.07	99.79
287<=t<=385	1	1426	0.07	99.86
385<=t<=1435	1	1427	0.07	99.93
1435<=t<=1610	1	1428	0.07	100.00

Построение гистограммы относительных частот выборки

**Рис. 4. Статистический ряд длительности обработки запросов на примере веб-приложения PZDFINN за 11.02.2013 г.**



**Рис. 5. Гистограмма плотности распределения длительности обработки заявок на примере веб-приложения PZDFINN за 11.02.2013 года.**

приложений». В качестве входных данных задаётся дата исследования 11.02.2013 года и интервал времени, соответствующий одним суткам (00:00:00–23:59:59), а статусы процессов для исследования — только завершённые (STOP). Совокупность полученных значений величины представляет собой «статистическую совокупность». Рассчитывается статистический ряд для каждого исследуемого АРМ с помощью модуля «Расчёт статистического ряда времени обработки». Весь диапазон наблюдаемых ранее значений  $X$  делится на интервалы или «разряды» и подсчитывается количество  $m_i$ , приходящееся на каждый  $i$ -й разряд. Полученное число делится на общее число наблюдений  $n$  и таким образом выявляется частота, соответствующая данному разряду [5,6]:

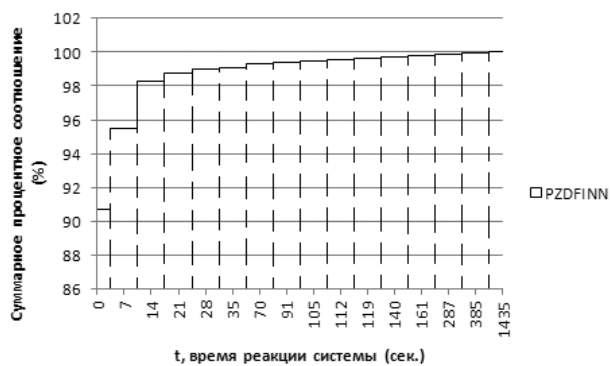
$$p_i = \frac{m_i}{n}$$
 (2)

где  $i$  — номер разряда;  
 $m_i$  — количество процессов, приходящееся на  $i$ -й разряд;  
 $n$  — число наблюдений.

Пример результирующего статистического ряда для АРМ «Корреспонденции



**Рис. 6. Эмпирическая функция распределения длительности обработки запросов на примере веб-приложения PZDFINN за 11.02.2013года.**



и финансовые результаты» за 11.02.2013 года представлен на рис. 4.

Для того, чтобы статистический ряд распределения получился выразительным, выбирался интервал, равный 7 секундам. Поскольку разброс значений времени реакции системы на запросы велик, то в результирующем статистическом ряду интервалы неравномерны. Поэтому возникает необходимость в построении гистограммы плотности распределения непрерывной случайной величины (рис. 5), которая даст представление о характере распределения. С этой целью по оси абсцисс откладываются разряды и на каждом из разрядов как их основании строится прямоугольник, площадь которого равна частоте данного разряда. Для построения гистограммы нужно частоту каждого разряда разделить на его длину и полученное число взять в качестве высоты прямоугольника. Из способа построения гистограммы следует, что полная площадь её равна единице.

На рис. 6 находится эмпирическая функция распределения. Она отображена ступенчатой ломаной линией: над каждым интервалом проводится отрезок горизонтальной линии на высоте, пропорциональной накопленной частоте в текущем интервале. Накопленная частота равна сумме всех частот, начиная с первого и до данного интервала включительно.

По полученным данным можно сказать, что более 80% работы с веб-приложениями укладывается в 10 секунд, но анализируя результаты за другие дни, мы находим значения более 10 минут.

В ходе исследования была набрана статистика для определения оценок параметров и проверки гипотез на соответствие экспоненциального, логнормального

и ряда других законов распределения. К сожалению, эти законы по критерию согласия  $\chi^2$  не прошли.

Таким образом, моделирование последовательности значений величин, характеризующихся время реакции системы на запросы, с заданным законом распределения следует реализовывать на основе случайных величин, имеющих равномерное распределение в интервале (0,1). Имеется ряд методов моделирования значений непрерывной случайной величины, например, метод обратной функции, метод Неймана, метод кусочной аппроксимации функции плотности распределения вероятностей.

Для дальнейшего имитационного моделирования существующего процесса одновременной обработки запросов пользователей в среде АБД АСУ «Экспресс-3» в качестве законов распределения времени реакции системы на запросы целесообразно использовать соответствующие эмпирические функции распределения веб-ресурсов PZDFINN, NEWSPN, RMEST. Случайные величины с этими распределениями получают методом обратной функции [5, 6].

## ЛИТЕРАТУРА

1. Автоматизированная система управления пассажирскими перевозками АСУ «Экспресс-3» (Типовое техническое задание) 01124323—08350.001 ТЗ. — М., 2002. — 462 с.
2. Автоматизированная система управления пассажирскими перевозками АСУ «Экспресс-3». Настройки компоненты WEB Sphere Application server. Руководство системного программиста. 18761946.19311.12032. — М., 2009. — 342 с.
3. Берёзка М. П. Презентационный материал «Аналитическая база данных «Экспресс-3». Принципы формирования информации, информационные потоки, классификация информации и прикладных задач». — М., 2010. — 21 с.
4. Берёзка М. П. Презентационный материал «Система управления пассажирскими перевозками «Экспресс-3». — М., 2009. — 13 с.



5. Гмурман В. Е. Руководство к решению задач по теории вероятностей и математической статистике. 9-е изд. — М.: Высшая школа, 2004. — 404 с.

6. Гмурман В. Е. Теория вероятностей и математическая статистика. 9-е изд. — М.: Высшая школа, 2003. — 479 с.

7. Крепкая З. А., Муравьева Е. М., CASE-средства проектирования информационных систем на железнодорожном транспорте на основе структурного и объектно-ориентированного подходов. — М., 2005—19 с.

8. Лещкий Э. К. Проектирование информационных систем на железнодорожном транспорте. — М.: Маршрут, 2003. — 408 с.

9. Фаулер М. UML. Основы. 3-е издание. Краткое руководство по стандартному языку объектного моделирования. — М.: Символ-плюс, 2006. — 192 с.

10. Сунгатуллина А. Т. Выявление проблем при параллельной обработке запросов пользователей в среде АБД АСУ «Экспресс-3» // Неделя науки-2012 «Наука МИИТа — транспорту». М., 2012. — С. IV-15 — IV-16. ●

## SYSTEM REACTION TIME DURING INQUIRY PROCESSING

**Berezka, Mikhail P.** — Ph.D. (Tech), associate professor at the department of automatic control systems of Moscow State University of Railway Engineering (MIIT), Moscow, Russia.

**Sungatullina, Alina T.** — Ph.D. student of Moscow State University of Railway Engineering (MIIT), programmer engineer of the department of passenger traffic and automatic control system Express of JSC Russian Railways at Research Institute (VNIIZHT), Moscow, Russia.

The authors have studied features of network analytic database of automatic control system Express-3 that ensures collection, treating, storage, analysis of information on passenger traffic and baggage within the framework of relevant activities of JSC Russian Railways. Actually one can witness significant growth in number of control tasks and of users of Express-3 system, which causes high loading of system servers. In order to analyze the situation the authors studied features of automatic workstation «Monitoring of web-applications». The article describes the diagram of dependencies between system reaction time to users' queries and parallelism index, relevant statistic series. The study revealed that dependency on complexity of queries is higher than dependency on users' number.

The authors use histogram of the density of distribution, and empiric function of distribution of studied value, as well as Pearson criterion to verify conformity of empiric law of distribution of system query reaction time to exponential and logarithmically normal laws. Using the statistic data, collected during the study, the authors made conclusion that those laws don't conform to fitting criterion  $\chi^2$ . That's why the article suggests that further simulation of existing process of simultaneous treating of users' queries in Express-3 system environment should be based on relevant empiric functions of distribution which would serve as laws of time distribution of system reaction to users' queries for the analysis of WEB-resources like PZDFINN, NEWSPN, RMEST.

**Key words:** railway, control, automatic control system Express-3, users' query, monitoring, parallelism index, reaction time, statistical array, empiric distribution function.

## REFERENCES

1. Automatic control system for passenger traffic Express-3 [Avtomatizirovannaya sistema upravleniya passazhirskimi perevozkami ASU «Ekspress-3»]. Standard technical assignment 01124323—08350.001 TZ. Moscow, 2002, 462 p.

2. Automatic control system for passenger traffic Express-3 [Avtomatizirovannaya sistema upravleniya passazhirskimi perevozkami ASU «Ekspress-3»]. Setup of a component WEB Sphere Application server. Manual for system programmer. 18761946.19311.120 32. Moscow, 2009, 342 p.

3. Berezka M. P. Presentation. Analytic database Express-3. Principles of information formation, information flows, classification of information and of applied tasks [«Analiticheskaya baza dannyh «Ekspress-3». Printsipy formirovaniya informatsii, informatsionnye potoki, klassifikatsiya informatsii i prikladnyh zadach»]. Moscow, 2010, 21 p.

4. Berezka M. P. Presentation. Control system for passenger traffic Express-3 [«Sistema upravleniya passazhirskimi perevozkami «Ekspress-3»"]. Moscow, 2009, 13 p.

5. Gmurman V. E. Manual to solve problems of the probability theory and of mathematical statistics [Rukovodstvo k resheniyu zadach po teorii veroyatnostey i

matematicheskoy statistike]. 9<sup>th</sup> ed. Moscow, Vysshaya shkola publ., 2004, 404 p.

6. Gmurman V. E. Probability theory and mathematical statistics [Teoriya veroyatnostey i matematicheskaya statistika]. 9<sup>th</sup> ed. Moscow, Vysshaya shkola publ., 2003, 479 p.

7. Krepkaya Z. A., Murav'eva E. M. CASE-tools of designing of information systems for railways on the basis of structural and structure-focused approaches [CASE-sredstva proektirovaniya informatsionnyh sistem na zheleznodorozhnom transporte na osnove strukturnogo i obektno-orientirovannogo podhodov]. Moscow, 2005, 19 p.

8. Letskiy E. K. Designing of information systems for railways [Proektirovaniye informatsionnyh sistem na zheleznodorozhnom transporte]. Moscow, Marshrut publ., 2003, 408 p.

9. Fowler M. UML. Foundations [Russian title: UML. Osnovy]. 3d ed. Moscow, Simvol-plus publ., 2006, 192 p.

10. Sungatullina A. T. Problems identification during parallel treating of users' queries in ABD ASU Express-3 environment [Vyyavlenie problem pri parallel'noy obrabotke zaprosov pol'zovateley v srede ABD ASU «Ekspress-3»]. Science week-2012 «MIIT researches for transport» [Nedelya nauki-2012 «Наука МИИТа — транспорту»]. Moscow, 2012, S. IV-15 — IV-16.

Координаты авторов (contact information): Бепэзка М. П. (Berezka M. P.) — xberezka@yandex.ru, Сунгатуллина А. Т. (Sungatullina A. T.) — sungat\_alina@mail.ru.

Статья поступила в редакцию / article received 17.04.2013  
Принята к публикации / article accepted 19.05.2013

